

SIFAT MEKANIK DAN CACAT PENYUSUTAN (SHRINKAGE) AKIBAT VARIASI KOMPOSISI CAMPURAN DAUR ULANG POLYETHYLENE PADA INJECTION MOULDING

Muhammad Ghilman Badri¹, Mahros Darsin², Dedi Dwilaksana²

¹ Alumni Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

² Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jl. Kalimantan 37 Jember 68121

E-mail: mahros.azzahra@yahoo.co.id

ABSTRACT

Injection moulding is one process to form plastic by compress the melted plastic in a closed die. The raw material for the process either pure plastic pellet or mixed with recycled plastics. this research focused on finding the acceptable percentage of recycled the raw material in term of tensile strength and shrinkage. The composition is varied from 0% to 100% of polyethylene. Tensile test shows that the more percentage of recycled the lower is the tensile strength. on the other hand, the more the recycled composition the highernis shrinkage number. Both decrease of tensile strength and increase of shrinkage are linearly. Recycled plastic in the raw material makes the composition be not uniform. It leads misrun defect, i.e. the melted plastic solidified before it reach the destined cavity in the mold. Moreover, it also creates more void in the parts. The highest tensile strength of 19.10 N/mm² when no recycled mixed in, whereas the minimum of 12.05 N/mm² achieved when 100% recycled was applied. Recycled Composition of 100% also increased by 9,82% compare to pure plastic.

Keywords: Recycled plastic, tensile strength, shrinkage.

PENDAHULUAN

Plastik adalah suatu polimer yang mempunyai sifat-sifat unik dan luar biasa. Polimer adalah suatu bahan yang terdiri dari unit molekul yang disebut monomer. Jika monomernya sejenis disebut homopolimer, dan jika monomernya berbeda akan menghasilkan kopolimer [1].

Bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan plastik diantaranya adalah *polypropylene*, *polyetilene*, *polystyrene*, dsb. *Polyethylene* digunakan sebagai bahan pembuat botol susu, botol/kemasan deterjen, kemasan margarin, pipa air, dan tempat sampah. *Polypropylene* digunakan dalam berbagai aplikasi, diantaranya pengemasan, tekstil (contohnya tali, pakaian dalam termal, dan karpet), alat tulis, berbagai tipe wadah terpaikain ulang serta bagian plastik, perlengkapan laboratorium, pengeras suara, komponen otomotif, dan uang kertas polimer. *Polystyrene* diaplikasikan untuk pembuatan furniture (pelapis kayu), casing monitor komputer, casing TV, utensil, lensa (optik dari plastik).

Plastik untuk kemasan mempunyai berbagai kelebihan, diantaranya fleksibel (sesuai bentuk produk), transparan (tembus pandang), tidak mudah pecah (lentur), bentuk laminasi (dengan kombinasi bahan kemasan lain, aneka warna, tidak mudah rusak dan harganya yang relatif murah dan mudah didapatkan. Bandingkan dengan bahan lain seperti daun pisang misalnya, yang mudah rusak dan hanya bisa digunakan dalam waktu tidak lama [2].

Salah satu teknik pembentukan plastik adalah dengan *injection moulding* yang sekarang ini telah

berkembang dengan pesat. *Injection moulding* adalah proses pembentukan suatu benda atau produk dari material plastik dengan bentuk dan ukuran tertentu yang mendapat perlakuan panas dan pemberian tekanan dengan cara diinjeksikan pada pencetakan atau *mold*. Cetakan plastik pada prinsipnya adalah suatu alat yang digunakan untuk membuat dan membentuk komponen-komponen dari material plastik dengan bantuan mesin pencetakan plastik. Proses produksi *injection moulding* merupakan proses yang kompleks karena melibatkan beberapa langkah proses yang diawali dengan langkah pengisian material (*mold filling*) yaitu bahan plastik leleh akan mengalir dari unit injeksi melalui *sprue*, *runner*, *gate* dan masuk ke dalam *cavity*. Bahan plastik yang ada di dalam *cavity* kemudian ditahan di dalam *mold* di bawah tekanan tertentu untuk menjaga adanya *shrinkage* selama produk mengalami pendinginan. Tekanan *holding* biasanya diberikan sampai bahan plastik di daerah *gate* membeku. Langkah penahanan material di dalam *mold* ini biasa disebut *holding*. Selanjutnya bahan plastik tersebut akan mengalami proses pendinginan di dalam *mold* yang disebut dengan *cooling*. Langkah terakhir dari proses ialah pengeluaran produk (*part ejector*) yaitu *mold* membuka dan produk yang sudah membeku tadi didorong keluar dari *cavity* oleh *ejector* [3].

Dalam *injection moulding* terdapat banyak sekali paramater yang dapat mempengaruhi hasil injeksi. Diantaranya adalah *holding time*, *inject time*, *cooling time*, *mould temperature* dan masih banyak

lagi. Jika salah satu parameter diabaikan, maka hasil cetakan plastik akan memberikan hasil yang kurang baik antara lain timbulnya cacat penyusutan (*shrinkage*) pada benda cetakan. *Shrinkage* merupakan salah satu cacat yang menyebabkan menurunnya kekuatan tarik.

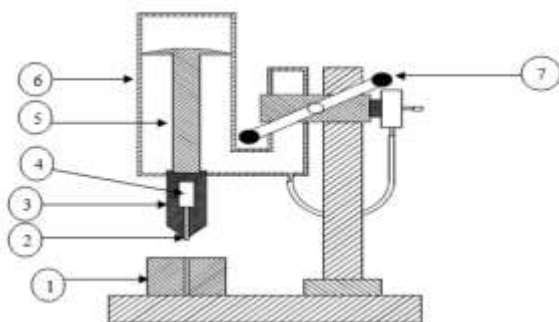
Pemanfaatan plastik daur ulang dalam pembuatan kembali barang-barang plastik telah berkembang pesat. Hampir seluruh jenis limbah plastik (80%) dapat diproses kembali menjadi berbagai jenis barang walaupun harus dilakukan pencampuran dengan bahan baku baru dan *additive* untuk meningkatkan kualitas. Selain itu daur ulang juga dapat dipakai sebagai pengganti bahan logam seperti bahan dasar dari pembuatan peralatan rumah tangga. Terdapat tiga jenis limbah plastik yang populer dan laku di pasaran yaitu *polyethylene terephthalate* (PET), *high density polyethylene* (HDPE), dan *polypropylene* (PP) [4].

Sebelumnya beberapa penelitian telah mencoba berbagai variasi untuk memperoleh plastik yang sesuai dengan penerapan dan kegunaannya. Ferdianto [5] melakukan penelitian berkaitan dengan pembuatan plastik daur ulang campuran PP dan PP dengan memvariasikan komposisi dari plastik daur ulang tersebut. Selain itu ada pula penelitian yang memvariasikan parameter proses pengujian yaitu variasi tekanan dan temperatur barrel [6] kesimpulan keduanya bahwa temperatur barrel terbaik yaitu 190°C dan variasi tekanan terbaik pada proses *injection moulding* adalah 8 bar. Adapun penelitian tentang proses *injection moulding* melihat cacat produk yaitu penelitian oleh Firdaus dan Citro [7]. Namun belum ada yang mencoba membuat plastik kemasan dari PE dan PE daur ulang dari segi komposisi, dan cacat produk. Oleh sebab itu peneliti bermaksud untuk mencoba memvariasikan komposisi bahan, dan cacat produk untuk menghasilkan plastik yang lebih baik.

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah *polyethylene* (PE) dan *polyethylene* daur ulang dengan komposisi PE jenis *high density polyethylene* (HDPE). Serta menggunakan cetakan dari baja ST 37 yang dibentuk sesuai dengan desain uji spesimen uji tarik pada *injection Moulding* [8].

Gambar dari skema alat ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. *Injection Moulding Machine Part* [9]

Keterangan Gambar : 1) *mould*, 2) *nozzle*, 3) *barrel*, 4) *hopper*, 5) silinder, 6) tabung silinder, 7) tuas penurun/penaik

Tipe mesin

- Merk : Burket
- Tipe : RN 350
- Tekanan : 10 bar
- Tegangan : 220 volt/ 600 watt

Mesin uji tarik

- Merk : Tarno Grocki
- Type : PH 2, Up to 20 KN

Variasi komposisi campuran daur ulang dan murni yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

Prosedur pelaksanaan penelitian

- Mould disiapkan terbuat dari baja ST 37.
- Menimbang dan menyiapkan bahan dengan variasi komposisi campuran daur ulang yang digunakan adalah 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.
- Menghidupkan mesin *injection moulding*.
- Tekanan (menggunakan 8 bar).
- Mesin ditunggu hingga mesin mencapai kondisi yang maksimum yaitu dimana mesin pada kondisi hingga panas.
- Bahan baku berupa komposisi PE dan PE daur ulang dimasukkan.
- Temperatur diatur sesuai dengan ketentuan 190°C.
- Eksperimen diulang sesuai dengan yang diinginkan sebanyak 3 kali percobaan.
- Pengukuran *shrinkage* atau penyusutan ini dilakukan dengan proses pengukuran, yaitu mengukur terlebih dahulu volume spesimen uji tarik sebelum dilakukannya pengujian tarik dan mengukur volume spesimen uji tarik. *Shrinkage* dinyatakan dalam bentuk prosentase (%).

HASIL PENELITIAN

Dalam penelitian ini dilakukan pengujian tarik. Data hasil pengujian tarik berupa gaya (*F*) dan pertambahan panjang (Δl). Untuk menganalisis hasil pengujian tarik tersebut, data hasil pengujian perlu dikonversikan menjadi tegangan (σ) dan regangan (ϵ). Untuk mendapatkan nilai tegangan dan regangan diperlukan data input dari dimensi spesimen uji tarik tersebut.

Spesimen uji pada pengujian tarik disini menggunakan standart ASTM E8, dengan dimensi spesimen sebagai berikut:

$$p = 13 \text{ mm}$$

$$l = 5 \text{ mm}$$

Dari data tersebut, maka dapat dihitung luas penampang spesimen uji sebagai berikut

$$A = p \times l$$

$$= 13 \times 5$$

$$= 65 \text{ mm}^2$$

Data hasil pengujian berupa gaya dan pertambahan panjang perlu dirubah menjadi data kekuatan tarik dan regangan terlebih dahulu.

Tegangan UTS

$$\sigma = F.UTS/A$$

$$\sigma = 1200/65$$

$$\sigma = 18,46 \text{ mm}^2$$

Regangan maksimal

$$\varepsilon = \Delta l/l_0$$

$$\varepsilon = 7/5$$

$$\varepsilon = 1,4$$

Hasil pada penelitian ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Data hasil pengujian

| Komposisi Campuran Daur Ulang PE (%) | | Gaya UTS (N) | Volume Spesimen (ml) |
|--------------------------------------|------------|--------------|----------------------|
| Murni | Daur Ulang | | |
| 100 | 0 | 1200 | 12,6 |
| | | 1275 | 12,4 |
| | | 1250 | 12,6 |
| 90 | 10 | 1150 | 12,2 |
| | | 1200 | 12,2 |
| | | 1250 | 12,4 |
| 80 | 20 | 1200 | 12,1 |
| | | 1200 | 12,2 |
| | | 1100 | 12 |
| 70 | 30 | 1175 | 12,2 |
| | | 1150 | 12 |
| | | 1025 | 12 |
| 60 | 40 | 1050 | 11,8 |
| | | 1100 | 12 |
| | | 1050 | 11,9 |
| 50 | 50 | 1050 | 11,7 |
| | | 1025 | 11,9 |
| | | 1000 | 11,7 |
| 40 | 60 | 900 | 11,6 |
| | | 1000 | 11,8 |
| | | 1050 | 11,7 |
| 30 | 70 | 975 | 11,5 |
| | | 950 | 11,7 |
| | | 900 | 11,6 |
| 20 | 80 | 800 | 11,4 |
| | | 900 | 11,3 |
| | | 1050 | 11,3 |
| 10 | 90 | 825 | 11,4 |
| | | 850 | 11,2 |
| | | 800 | 11,3 |
| 0 | 100 | 825 | 11,2 |
| | | 750 | 11,2 |
| | | 775 | 11,3 |

Shrinkage dihitung dari selisih antara volume cetakan dengan volume specimen dibagi volume cetakan lalu dikalikan 100% [7]. Sebagai contoh dari uji specimen komposisi 0% didapatkan:

$$V_o = 13,24 \text{ ml}$$

$$V = 12,53 \text{ ml}$$

$$S = V_o - V / V_o \times 100\%$$

$$= (13,24 - 1,53) / 13,24 \times 100\%$$

$$= 5,34 \%$$

Hasil rata-rata kekuatan tarik dan *shrinkage* dari komposisi selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

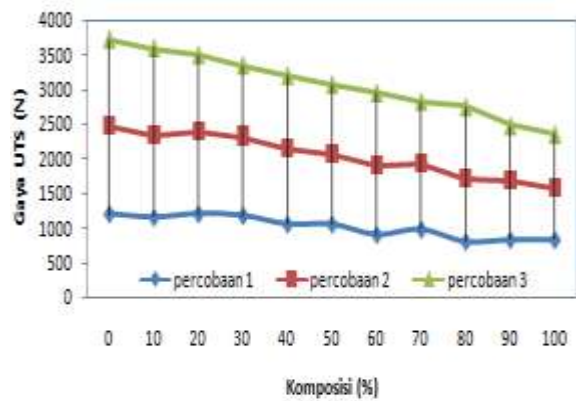
Tabel 2. Data kekuatan tarik dan *shrinkage*

| Komposisi Campuran Daur Ulang PE (%) | | Kekuatan Tarik (N/mm ²) | Shrinkage (%) |
|--------------------------------------|------------|-------------------------------------|---------------|
| Murni | Daur Ulang | | |
| 100 | 0 | 19,10 | 5,34 |
| 90 | 10 | 18,46 | 7,35 |
| 80 | 20 | 17,95 | 8,61 |
| 70 | 30 | 17,18 | 8,86 |
| 60 | 40 | 16,41 | 10,12 |
| 50 | 50 | 15,76 | 11,13 |
| 40 | 60 | 15,12 | 11,63 |
| 30 | 70 | 14,48 | 12,39 |
| 20 | 80 | 13,58 | 14,40 |
| 10 | 90 | 12,69 | 14,65 |
| 0 | 100 | 12,05 | 15,16 |

PEMBAHASAN

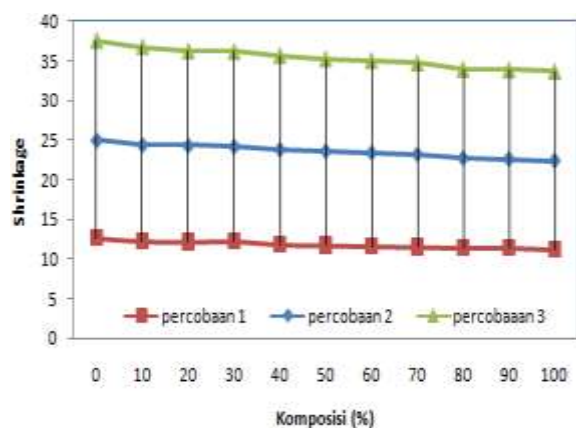
Dapat dilihat dari Gambar 2 nilai tertinggi pada kekuatan tarik terjadi pada variasi komposisi 0% dengan nilai kekuatan tarik 19,10 N/mm². Sedangkan nilai terendah pada kekuatan tarik terjadi pada variasi komposisi 100% dengan nilai kekuatan tarik sebesar 12,05 N/mm². Sedangkan jika dilihat dari gambar 3 nilai terendah pada shrinkage terjadi pada variasi komposisi 0% dengan penyusutnya sebesar 5,34%. Sebaliknya nilai tertinggi pada shrinkage terjadi pada variasi komposisi 100% dengan penyusutan sebesar 15,16%.

Pada Gambar 2 grafik uji tarik mengalami penurunan pola penurunan sebanding atau lurus terhadap kenaikan komposisi daur ulang disebabkan berkurangnya sifat elastis pada plastik daur ulang. Karena plastik daur ulang sebelumnya telah diolah menjadi produk yang mengalami proses pemanasan pada pembentukan sebelumnya sehingga mengalami degradasi sifat – sifatnya dan menurunkan kekuatan tariknya [10].



Gambar 2. Grafik pengaruh variasi komposisi terhadap kekuatan tarik

Pada Gambar 3 grafik *shrinkage* mengalami pola kenaikan sebanding atau lurus terhadap kenaikan komposisi daur ulang hal ini disebabkan plastik bercampur dengan daur ulang menyebabkan terjadinya ketidakseragaman sehingga menyebabkan terjadinya *misrun* (tidak mengalir cairan dalam memenuhi cetakan) Hal ini mempengaruhi kekuatan *shrinkage* dan menurunnya sifat elastisitas sehingga menghasilkan banyak rongga void dan menurunnya kualitas dari specimen tersebut.

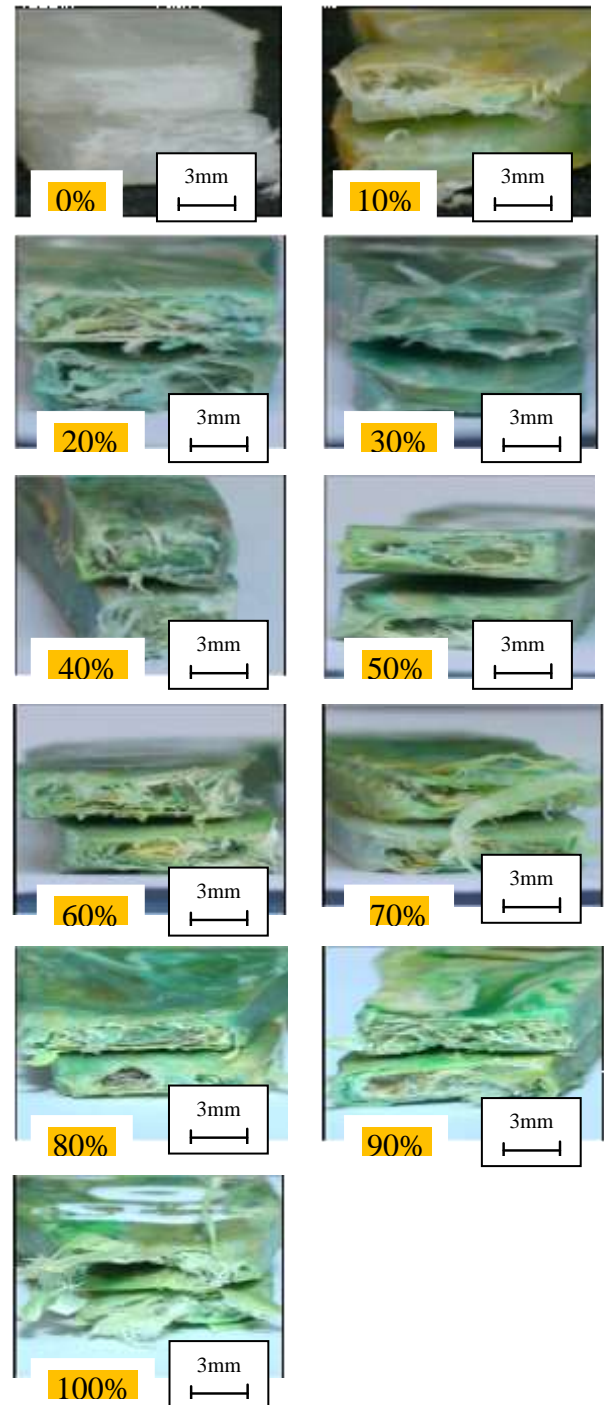


Gambar 3. Grafik pengaruh variasi komposisi terhadap *shrinkage*

Pengamatan foto makro dilakukan pada bentuk patahan void benda uji pada komposisi Polyethylene dan polyethylene daur ulang Gambar 4 menunjukkan foto makro void dari variasi campuran daur ulang mulai 0%, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 80%, 90%, 100%.

Dari foto makro tersebut, tampak adanya guratan-guratan pada masing-masing bentuk patahan specimen. Adanya guratan-guratan menandakan bahwa specimen tersebut mempunyai sifat yang lebih ulet. Jadi, semakin banyak guratan yang terjadi maka sifat yang dihasilkan akan lebih ulet sehingga menandakan specimen tersebut mempunyai kekuatan tarik yang lebih besar. Pada specimen dengan semua komposisi tampak adanya *void* pada bentuk patahan. *Void* merupakan salah satu faktor yang menyebabkan kekuatan tarik menurun dan meningkatkan *shrinkage*. Jadi semakin besar void yang timbul, maka kekuatan tarik akan semakin rendah dan *shrinkage* semakin meningkat.

Dengan adanya *void* dalam specimen akan terjadi konsentrasi tegangan awal yang mengakibatkan munculnya awal retak [10]



Gambar 4. Foto makro void terhadap variasi campuran daur ulang *polyethylene* komposisi

Sebagian komposit patahan yang terjadi di bagian pinggir dari specimen atau tidak terjadi tepat berada di tengah-tengah dari specimen seperti pada pengerjaan beberapa variasi komposisi 0% sampai 100%, penyebab terjadinya patahan ini biasanya terjadi karena adanya daerah tertentu yang kurang serat akibat tidak meratanya penguat dengan matriks. Hal ini bisa terjadi karena pada saat

pembuatan dan pencampuran tidak merata atau tidak homogen, bisa juga diakibatkan adanya celah udara yang menyebabkan spesimen kurang baik. Maka kekuatannya tariknya pun rendah, yang mengakibatkan mudah terjadinya patahan di titik tersebut pada saat di uji tarik dan dapat meningkatkan shrinkage [11].

KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari hasil penelitian sifat mekanik dan cacat penyusutan (shrinkage) akibat variasi komposisi daur ulang *polyethylene* pada injection moulding adalah sebagai berikut:

- 1) Pada penggunaan variasi komposisi daur ulang 0% sampai 100% kekuatan tarik yang dihasilkan semakin menurun dikarenakan berkurangnya sifat elastis pada plastik daur ulang. Hal ini disebabkan plastik daur ulang sebelumnya telah diolah menjadi produk jadi yang mengalami berbagai proses pembentukan sehingga mengalami degradasi kualitas dan sifat-sifat mekaniknya. Jadi semakin tinggi komposisi campuran daur ulang PE maka semakin rendah juga nilai kekuatan tariknya.
- 2) Penambahan bahan daur ulang memicu shrinkage biji plastik murni tidak banyak terjadi penyusutan dan tidak banyak menghasilkan rongga void sehingga spesimen memiliki sifat elastisitas yang tinggi. Sedangkan pada komposisi 10% daur ulang sampai 100% daur ulang terjadi peningkatan *shrinkage* pada spesimen semakin besar. Peningkatan *shrinkage* ini akan menyebabkan penurunan elastisitas dan kualitas dari spesimen tersebut. Jadi semakin tinggi komposisi maka akan semakin tinggi juga *shrinkage* yang dihasilkan.
- 3) Jika dilihat dari sisi ekonomis daur ulang jenis PE banyak dimanfaatkan sebagai alternatif bahan sekali pakai seperti pembuatan sendok, sedotan, gelas sekali pakai dan sebagainya. Dan dapat juga dipakai sebagai campuran pembuatan botol pembersih, tergantung campuran berapa persen daur ulang dan murni yang digunakan.

SARAN

Beberapa saran yang dapat diberikan oleh penulis dari hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk penelitian selanjutnya supaya menggunakan nilai variabel seperti *holding time*, *inject time*, kecepatan injeksi dan campuran daur ulang yang lain supaya dapat diketahui dan mendapatkan nilai yang optimal.
- 2) Pada saat proses *injection moulding* berlangsung, pastikan cetakan dalam keadaan tertutup rapat sehingga tidak ada udara yang masuk, karena akan mempengaruhi shrinkage pada suatu specimen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]Mujiarto, Imam. 2005. *Sifat dan Karakteristik Material Plastic dan Bahan Adiktif*. Jakarta: Erlangga.
- [2]Kuswoyo. 2010. *Pengolahan Limbah Plastik*. Universitas Muhammadiyah Malang [http://hk1.aesculapius.stu...f/umm_blog_article_54.pdf jam 09.40 tanggal 11.02.2014]
- [3]Malloy, Robert A. 1994. *Plastic Part Design for Injection Moulding*. New York: Hanser Publisher, Munich Vienna New York.
- [4]Zulkarnain, Evan. 2011. *Pengembangan Usaha Plastik Bekas di PT. Mitra Bangun Cemerlang*, Tangerang. Institut Pertanian Bogor [<http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/52504> jam 10.15 tanggal 11.02.2014]
- [5]Yanuar, Ferdianto. 2012. *Pembuatan Plastik Dengan Penambahan Plastik Daur Ulang Menggunakan Proses Injection Moulding*. Skripsi S-1. Teknik Mesin Universitas Jember.
- [6]Baga. 2013. *Pengaruh Tekanan Injeksi dan Temperatur Barrel terhadap Kekuatan Impact Pada Proses Injection Moulding dengan Penambahan Filler Serbuk Arang Kayu 15%*. Skripsi S-1. Teknik Mesin Universitas Jember.
- [7]Firdaus, et al. 2002. *Studi Eksperimental Pengaruh Parameter Proses Pencetakan Bahan Plastik terhadap Cacat Penyusutan (Shrinkage) pada Benda Cetak Pneumatics Holder*. Vol 4, No 2 p. 75 – 80.
- [8]Fahrizal. 2009. *Prosedur Pengolahan Plastik dengan metode Injection Molding*. Jurnal APTEK Vol. 1 No. 1. Politeknik Pasir Pengaraian.
- [9]Nor, Khairul. 2010. *Quality Improvement Using Classical Method Concept in Injection Molding Manufacturing*. Universiti Teknikal Malaysia Melaka Vol. 8, p. 43 – 47.
- [10]Hutapea, et al. 2008. *Degradasi Termal Polietilen dengan Variasi Konfigurasi Rantai, Lama Waktu Degradasi, dan Input Gas Nitrogen*. Vol 1, p. 21 – 28.
- [10]Virasantoto, A.T. 2008. *Simulasi Mold Alat Circumsisi dengan Software Catia V5 dan Moldflow Plastigt Insight 5*. Tugas Akhir S-1. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta.
- [11]Kwon Keehae, Isayev A. I, 2006, *Theoretical and Experimental Studies of Anisotropic Shrinkage in Injection Moldings of Various Polyesters*, Journal Of Applied Polymer Science, Vol. 102, p. 3526 – 3544.